

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Ústav civilní letecké dopravy

Bakalářská práce

2010

Tomáš Rozbroj

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Ústav civilní letecké dopravy

Snížení enviromentálního zatížení regionálních letišť – hluk

Environmental Problem for Airport - Noise

Student:

Tomáš

Rozbroj

Vedoucí bakalářské práce:

doc. Ing. Volner Rudolf, CSc.

Ostrava 2010

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou (bakalářskou) práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové (bakalářské) práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě

.....

podpis studenta

Na tomto místě bych rád poděkoval všem, kteří mi pomohli s touto bakalářskou prací svými konzultacemi, radami a svým volným časem, který mi věnovali. Nejvíc bych chtěl poděkovat svému garantovi panu doc. Ing. Volner Rudolf, CSc. z Institutu Civilní letecké dopravy.

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě :.....

.....
podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Anotace

Předložená bakalářská práce popisuje vliv hlučnosti letecké dopravy na životní prostředí. Práce je rozdělena do čtyř kapitol – vliv nadměrného hluku na lidský organismus, legislativa leteckého hluku, měření leteckého hluku a snížení leteckého hluku.

This bachelor work describes the effect of aviation noise on the environment. The work is divided into four chapters - the impact of excessive noise on the human body, legislative aircraft noise, aircraft noise measurement and reduction of air traffic noise.

Seznam použitých zkratk

AIP	Aeronautical Information Publication	Letecká informační příručka
CAEP	Commitee of Aviation Environmental Protection	Evropská agentura pro bezpečnost letectví
dB		„Decibel“ – jednotka hladiny intenzity zvuku
ECAC	European Civil Aviation Conference	Evropské sdružení civilního letectví
EU	European Union	Evropská Unie
Hz		„Hertz“ - jednotka frekvence
ICAO	International Civil Aviation Organization	Mezinárodní organizace pro civilní letectví
L16		České letecké předpisy
Lp		Akustický tlak
L_{AE}		hladina zvukové expozice po čase přeletu letadel
LKPR		Označení letiště Praha - Ruzyně
RWY	Runway	Vzletová a přistávací dráha
RNAV	Area navigation	Prostorová navigace
REM		Fáze spánku
SID	Standard instrument departure	Standardní přístrojový odlet
STAR	Standard instrument arrival	Standardní přístrojový přílet

OBSAH:

1	Úvod.....	7
2	Hluk.....	8
2.1	Definice hluku.....	8
2.2	Vliv hluku na člověka.....	13
2.2.1	Vliv hluku na spánek člověka.....	13
2.2.2	Poškození lidského ucha vlivem hluku.....	14
2.2.3	Sluchové úrazy.....	15
2.3	Hluk z hlediska letecké dopravy.....	16
2.4	Hluk na odbavovací ploše letiště.....	17
3	Zákony a normy pro hluk vyvolaný leteckou dopravou.....	18
3.1	ICAO (International Civil Aviation Organization).....	18
3.2	CAEP (Committee of Aviation Environmental Protection).....	19
3.3	ECAC (European Civil Aviation Conference).....	19
3.4	Evropská unie (EU).....	20
3.5	Česká republika a její předpisy.....	22
3.6	Předpis Ministerstva dopravy	23
3.7	Výpis dalších národních organizací a nevládních organizací.....	23
3.8	Norma ČSN ISO 3891.....	23
3.8.1	Použití normy ČSN ISO 3891.....	24
3.8.2	Měření leteckého hluku a jeho požadavky podle normy ČSN ISO 3891.....	25
3.8.3	Zkušební prostředí pro měření podle normy ČSN ISO 3891.....	26
4	Měření hluku letecké dopravy – Analýza letiště.....	27
4.1	Analýza stavu hlučnosti na letišti Praha Ruzyně.....	27
4.2	Místa měření hluku v okolí letiště.....	28
4.3	Naměření hodnoty.....	30
4.4	Vyhodnocení výsledků měření.....	31
4.5	Grafy překročení hlučnosti v okolí letišť	32
4.6	Přístroje pro měření hlučnosti.....	35
5	Prostředky pro snižování hluku na letišti.....	36
5.1	Ochranné hlukové pásmo.....	36
5.2	Možnosti potlačení šíření pozemního hluku v bodech:.....	38
5.2.1	Technické prostředky.....	38
5.2.2	Provozní omezení.....	38
6	Závěr.....	40
7	Použitá literatura:.....	41

1 Úvod

Již z mého názvu Bakalářské práce – „Metody snižování enviromentálního zatížení regionálních letišť – hluk“, v sobě skrývá mnoho informací, jakým směrem se bude moje práce zabírat. Hluk jak v letecké tak běžné dopravě začíná být nepříjemný faktor pro člověka žijící v jeho blízkosti. Jak začíná v poslední době rapidně houstnout letecká doprava, tak se začíná i zvyšovat hluk na letištích a jejich příletových a odletových trasách. Okolí letišť už nejsou holé lány nedotčené přírody, ale zastavěné plochy obytnými domy. Proto se v poslední době snažíme snižovat letecký hluk. V mé práci najdete analýzu měření hluku letiště Praha – Ruzyně a její dopad na okolí, obecné pojmutí hluku, přístroje, kterými zjišťujeme hladinu hluku a prostředky pro snižování hluku v dopravě. Tato práce pouze konstatuje dnešní moderní vymoženosti pro snižování hluku, ale rozhodně není žádným „zlepšovákem“ či návodem jak danou problematiku vyřešit.

2 Hluk

2.1 Definice hluku

Zvuk definujeme jako mechanické vlnění pružného prostředí (plynného, kapalného či tuhého) v daném kmitočtovém intervalu od 20 do 20 000 kmitočtů. Z hlediska jeho vlivu na životní prostředí nás především zajímá otázka nejen slyšitelného zvuku jako akustického vlnění v pružném prostředí v rozsahu kmitočtů a intenzit vnímaných lidským sluchem. Pásmem slyšitelných kmitočtů chápeme pásmo kmitočtů, ve kterém může akustické vlnění vyvolat sluchový vjem u člověka s normálním sluchem.

Zvuky jsou přirozeným průvodním jevem přírodních dějů a životní aktivity. Zvuk může také rozdělit na zvuk uklidňující, zvuk dráždivý, zvuk varující před nebezpečím. Je také základem řeči, hraje také významnou roli v individuální i společenské adaptaci člověka na jeho širší prostředí. Zvuk může vyvolat radost a ve formě hudby vyvolat vrcholné emocionální zážitky. Nadměrný zvuk může rušit vnímání informačně důležitých signálů, které člověk přeslechne. Zvuk, který je nežádoucí, rušivý či dokonce škodlivý označujeme jako hluk.

Z hlediska celého životního prostředí je nutno mluvit o hluku i v případě, kde nežádoucí hluky mění objektivní kvalitu území, účinkují nepříznivě na stavby, ovlivňují chování fauny a podobně.

Ve značném rozsahu je hluk určen subjektivním vjemem člověka, jež se mění od jedince k jedinci v závislosti na jeho okamžitém přístupu. Např. člověk, který na jedné straně s potěšením naslouchá hlasité hudbě přesahující úroveň 100 dB nebo ve svém rychle jedoucím automobilu poslouchá hlasitou hudbu o síle až 90 dB, vystupuje na druhé straně v roli stěžovatele na hluk z dopravy v okolí komunikací a obytných aglomerací. Můžeme proto říci, že síla respektive určitá subjektivně popisovaná vysoká úroveň hluku není dostatečným kritériem pro charakterizování účinku dopravního hluku na člověka.

I přesto, že má hluk subjektivní povahu, můžeme ho měřit objektivními jednotkami. Pokud však ale chceme srovnávat a porovnávat různé zvukové jevy, je zapotřebí podat alespoň přibližný a stručný popis pomocí kvantitativních hodnot. Pro tento účel je „zvuk“ popřípadě „hluk“, popsán kvantitativními hodnotami, vyjadřujícími jeho sílu. Vyjádření síly zvuku se udává pomocí amplitud tlaku zvukových vln a obvykle je definován jako hladina akustického tlaku L_p , jejíž veličinou je „decibel“ označován zkratkou - dB. Hodnota hladiny akustického tlaku L_p je matematicky vyjádřena

logaritmickou funkcí. Lidé mohou vnímat jen od úrovně tlaku vzduchu to je od 0 decibelů, což je práh normální lidské slyšitelnosti až do přibližně 130 dB, což je pro člověka práh bolesti. Hladina akustického tlaku L_p dB definována vztahem:

$$L_p = 10 \log (p/p_0)^2$$

Kde je □

p [Pa] □ sledovaný akustický tlak

p_0 [Pa] □ referenční akustický tlak

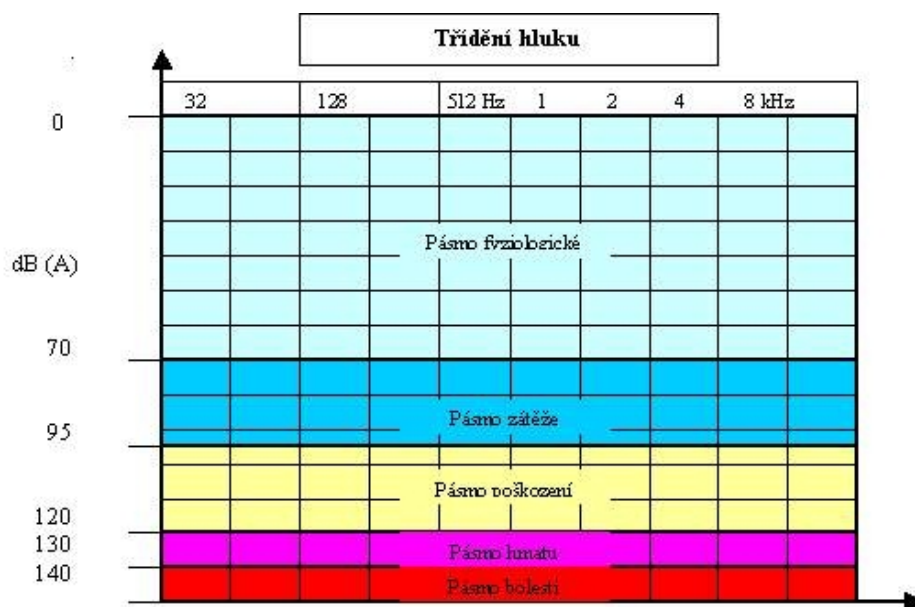
V této logaritmické rovnici je výchozí bod prahová hodnota akustického tlaku $p_0 = 2 \cdot 10^{-5}$ Pa, kterému odpovídá 0 decibelů. Každému zdesetinásobení akustického tlaku v Pascalech odpovídá navýšení hladiny akustického tlaku o 20 dB.

Mezi základní vlastnosti hluku, které působí na člověka a jeho organismus, patří jeho intenzita, kmitočtové složení a časový průběh. Lidské ucho vnímá hluk různého kmitočtu přes jeho objektivně stejnou intenzitu v různé hlukové hladině. Kupříkladu 45 dB vnímá při 1 000 Hz jako 45 dB, ale při 100 Hz jako 26 dB, při 50 Hz jako 15 dB. Ale při vyšší hlukové intenzitě, např. 70 dB, je křivka rozdílů vnímání plošší. Stejně intenzivní hluk vnímá při 1 000 Hz jako 70 dB, při 50 Hz jako 59 dB. Na hladině 90 dB je tento rozdíl ještě menší.

Třídění hluku podle působení

Hluk neboli zvuk třídíme také podle působení na různá pásma:

- Pásmo fyziologické do 69 dB(A)
- Pásmo zátěže 70 - 94 dB(A)
- Pásmo poškození 95 - 119 dB(A)
- Pásmo hmatu 120 - 129 dB(A)
- Pásmo bolesti 130 dB(A) a více



Obr. Třídění hluku

Do 120 dB je působení hluku považováno za specifické, za mechanické od 120 dB. Od 130 dB vznikají hrubé strukturní změny ve vnitřním uchu a tím k pomalému poškození sluchu

Od 170 dB vznikají také hrubé strukturní změny na bubínku a sluchových kůstkách.

Kromě intenzity hluku se měří také jeho frekvence. Frekvence se měří v cyklech za sekundu a jednotkou je Hertz (Hz). Lidské ucho je schopné rozeznat zvuky o frekvenci přibližně od 16Hz až do 20kHz. Zvuk o frekvenci nižší než 16Hz označujeme jako infrazvuk a zvuk o frekvenci vyšší než 20kHz označujeme jako ultrazvuk. Rozlišovací schopnost každého člověka je však zcela individuální. Lidská řeč je v rozmezí 300Hz až 4000Hz.

0 dB	práh vnímání zvuků a bezzvukovost – nejslabší zvuk, který slyší lidské ucho
20 dB	šeptaný hlas, zvuky v tiché knihovně
30 dB	zahrady, tichá obydlí
40 dB	tiché kanceláře
50 dB	normální hovor, tiše jedoucí automobil, tiché ulice
60 dB	středně hlučné ulice, šicí stroj, zvuky psacího stroje
70 dB	statické (nehybné) stroje
80 dB	auta, motocykly, hlučné ulice, posluchačem vnímaný zvuk orchestru, křik
90 dB	hlučné křižovatky, pneumatická vrtačka, sekačka na trávu – maximálně 8 hodin denně bez následků na sluch
100 dB	v blízkosti vlaků, těžkých nákladních aut, lanovek, řetězová pila – maximálně 2 hodiny denně bez ochrany sluchu
110 dB	přádelny, hlučné dílny, uvnitř velkého orchestru, klakson auta
120 dB	válcovací stolice, buchary, velmi hlučné dílny, nízko přeletující letadla, rachot hromu
130 dB	kotlářny apod., ale i vypouštění páry a plynů pod tlakem
140 dB	proudová letadla, některé sirény, např. sirény námořních lodí, střelné zbraně, petardy zábavné pyrotechniky - tento hluk už způsobuje bolest a i krátká expozice může vážně poškodit sluch
150 dB	některé sopečné výbuchy
160 dB	start kosmických lodí (až 200 dB)

Tab. Příklady přiřazení formy zvuku k určité hladině zvuku

Z tabulky je zřejmé, že hladiny hluku se pro leteckou dopravu pohybují od rozmezí 120 až 140 dB.

Pro shrnutí si uvedeme informace o zvuku či hluku v bodech:

Zvuk - mechanické vlnění pružného prostředí v daném kmitočtovém intervalu.

Zvuk dělíme :

- *infrazvuk* - vlny o frekvencích do 16 Hz
- *zvuk* - práh slyšitelnosti, vlny o frekvencích od 16 do 16 000 Hz
- *ultrazvuk* - vlny o frekvencích 16 000 Hz a výše

Hluk - jedná se o každý zvuk, který svou intenzitou nepříznivě ovlivňuje pohodu člověka nežádoucími, nepříjemnými nebo škodlivými účinky.

Hluk dělíme :

- *hluk ustálený* - hladina hluku se nemění o více než 5 dB(A).
- *hluk proměnný* - má větší změny intenzity než 5 dB(A).
- *hluk impulsní* - je tvořen jednotlivými impulsy nebo sledem impulsů.
- *hluk vysokofrekvenční* - je způsoben neakustickými rušivými vlivy, jako jsou vítr, vibrace, elektrické a magnetické pole.

Hluk dále dělíme podle působení na pásma :

- | | |
|-----------------------------|-------------------------|
| • <i>pásmo fyziologické</i> | <i>do 69 dB(A)</i> |
| • <i>pásmo zátěže</i> | <i>70 - 94 dB(A)</i> |
| • <i>pásmo poškození</i> | <i>95 - 119 dB(A)</i> |
| • <i>pásmo hmatu</i> | <i>120 - 129 dB(A)</i> |
| • <i>pásmo bolesti</i> | <i>130 dB(A) a více</i> |

Dále dělíme hluk podle účinku na :

- **obtěžující** - tyto účinky působí na každého jedince jinak a to z důvodu pocitu, dojmu a zdravotní dispozice jedince, jenž je vystaven tomuto účinku. Také záleží odkud hluk pochází, z každého sektoru je intenzita jiná - rozdílná.
- **škodlivé** - jedná se o nepřipustně vysokou hladinou hluku.
- **specifické** - sluchové, postihují činnost funkce sluchu
- **systémové** - mimosluchové, ovlivňují regulační procesy a projevují se poruchami srdečně cévního systému, metabolismu, spánku, zažívacími problémy a psychickou výkonností.

2.2 Vliv hluku na člověka

Hluk má velmi negativní dopad na lidský organismus. Velká míra nadměrného hluku poškozuje sluch člověka, poškozuje naše lidskou soustavu v našem těle v oblasti nervové, hormonální, biochemické a buněčné, účastní se také na zhoršování vysokého

tlaku, zhoršování srdeční a cévní soustavy, frekvenci tepu, zvýšení hladiny adrenalinu, ztráta vitamínu magnesia, snížení imunity snižuje schopnost dorozumívací komunikace a tím zvyšuje naši hlasovou námahu. Dále dochází kvůli nadměrnému hluku ke zhoršování pozornosti, paměti, pracovní výkonnosti, narušení lidského spánku a k narušení všeobecné pohody lidí.

To vše a mnoho dalších onemocnění vyvolává dlouhodobý vliv nadměrné hlukové zátěže. Škodlivé účinky se často projevují s časovým odstupem i několik let. Je dokázáno, že například k cévnímu onemocnění může dojít po 5 až 10 letech a k onemocnění nervovému po 8 až 10 letech.

Ve většině měst je hluk spojen s velmi velkou intenzitou dopravy, která je tvořena cca 75 až 85% celkového naměřeného hluku a na frekventovaných tazích dosahuje hladiny 70 až 90 decibelů.

2.2.1 Vliv hluku na spánek člověka

Je zjištěno, že nepřerušovaný spánek je předpokladem pro kvalitní fyzické a psychické funkce lidí. Negativní vliv na to má přerušovaný spánek. Přerušovaný spánek se projevuje obtížemi při usínání a probuzení, alterací délky a hloubky spánku hlavně na redukcii REM fáze spánku (REM, česky rychlé pohyby očí), věří se, že většina snů, které si člověk podrobně a živě pamatuje, probíhá právě v dané fázi spánku. Citlivost člověka na zvýšený hluk se liší podle aktuálního stádia spánku. K probuzení z mělkého spánku nám stačí navýšení hluku v okolí o několik decibelů, pokud hluk přesáhne 30 až 35 decibelů je vysoká pravděpodobnost přerušování hlubokého spánku. Další den po narušení spánku má za následek mnoho negativních účinků – jsou jimi rozmrzelost, zhoršená nálada, zvýšená únava, snížená výkonnost člověka, bolesti hlavy. Spotřeba sedativ a léků na spaní je dalším negativním faktorem. Lidé žijící v hlučných lokalitách se nejsou schopni přizpůsobit na nadměrný hluk ani po několika letech aniž by nedocházelo k rušení spánku.

2.2.2 Poškození lidského ucha vlivem hluku

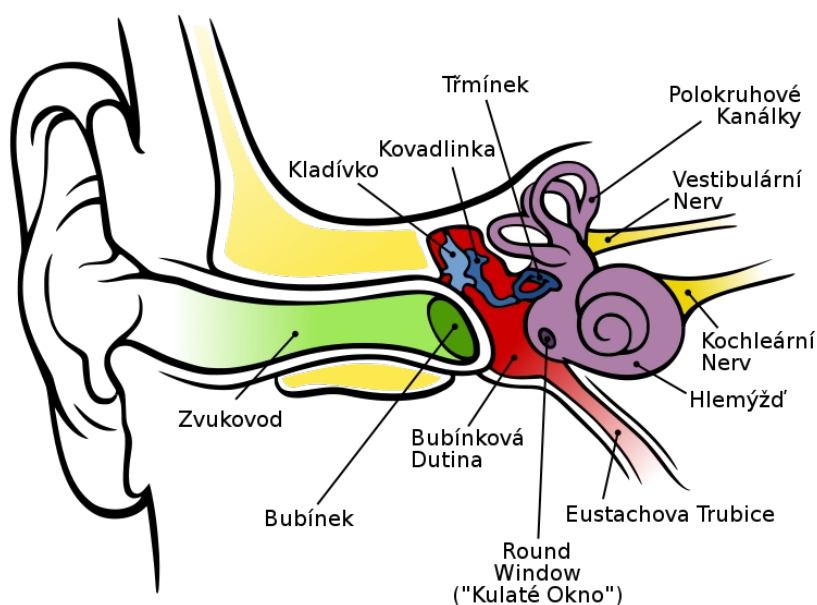
Ucho zajišťuje nejen sluch, ale také vnímání rovnováhy. Je to složitý orgán, který se skládá ze tří částí, zevního, středního a vnitřního ucha.

Vnější ucho (auris externa) se skládá z boltce, zvukovodu a bubínku. Z boltce, který je tvořen chrupavkou, směřuje akustická vlna do zvukovodu. Zvuková vlna, která

projde zvukovodem, naráží na bubínek a dále pokračuje do nitra ucha, kde rozechvěje bubínek, bubínek ji zesílí a předá dál do středního ucha.

Střední ucho (auris medium) je systém vzduchem vyplněných dutin, vystlaných sliznicí. Začíná [bubínkem](#), na nějž jsou napojeny tři [sluchové kůstky](#). Patří mezi ně [kladívko](#) (malleus), [kovadlinka](#) (incus) a [třmínek](#) (stapes). Řetěz kůstek přenáší zvuk od bubínku do vnitřního ucha - ploténka třmínku se dotýká oválného okénka v labyrintu.

Ze středního ucha do nosohltanu ústí [Eustachova trubice](#) (tuba Eustachii, tuba auditiva), která vyrovnává tlak ve středním uchu s tlakem v okolním prostředí. Ze středního ucha se dále zvuk šíří do vnitřního ucha, to je tvořeno hlemýžděm a Cortiho orgánem, který je zároveň receptorem sluchu. Tam má každá buňka vlásky zapuštěné do krycí membrány zjišťující její chvění, o kterém vysílá signály do mozku po sluchovém nervu. Signály jsou vnímány jako zvuk. Jakmile je zvuk příliš silný, jsou ničeny nervové buňky ve vnitřním uchu. Čím déle působí nadměrný hluk na ucho, tím je více zničeno nervových buněk, což je za následek zhoršení sluchu člověka. Tato ztráta sluchu je trvalá a nejde ji napravit. Nejprve se jedná o poškození zevních smyslových buněk, které nám slouží k rozpoznání jemných zvuků. Když ale dojde k poruše vnitřních vlasových buněk, dochází ke zhoršení slyšení hovorové řeči na pozadí mírného hluku nebo šumu. Nastává pocit zahlušení, časté hučení v uších. Takovéto příznaky časem ustoupí a člověku vzniká návyk na hluk.



2.2.3 Sluchové úrazy

- Akustický úraz – je způsoben vlivem krátkého zvukového impulsu vysoké intenzity, pro krátkost intenzivního zvuku se neuplatní středoušní reflexy ani obranné mechanismy vnitřního ucha. Tato náhlá změna může způsobit mechanické poškození smyslové buňky vnitřního ucha, příp. některé části středního ucha. Nastává trvalé akutní poškození sluchu, nemocní pociťují šelesty a zalehnutí.

- Explozní úraz – vzniká vlivem náhlého tlakového rozdílu, má ráz mechanický a vedle poruchy sluchu bývá často porucha rovnováhy, přidružuje se poranění dýchacích cest a plicního parenchymu. Ztráta sluchu je vztažena na široké frekvenční pásmo. Při působení zvukové vlny (je též tlaková) v nárazovém impulsu 180 dB, dochází k protržení bubínku.

- Chronické akustické trauma – (nedoslýchavost z dlouhodobého přetížení hlukem), na lidské ucho působí častěji než krátké hlukové impulsy, silné opakované a dlouhodobé hlukové impulsy; ty pak vyčerpávají látkovou výměnu ucha a jeho energetické zásoby, čímž způsobí poruchu činnosti a zánik smyslových buněk. Vlivem těchto hlukových impulsů dochází ke sluchové únavě s dlouhodobým charakterem. Poškození se neprojevuje jako porucha sluchu (tj. neovlivňuje možnost komunikace), protože nejprve bývají poškozeny zevní smyslové buňky, které slouží k vnímání jemných zvuků. Postižení vnitřních vláskových buněk má za následek změnu slyšení hovorové řeči na pozadí mírného hluku nebo šumu. Poruchu lze odhalit pouze audiometrickým vyšetřením. U lidí postižených nedoslýchavostí z dlouhodobého přetížení se objevují se mimo jiné, pocity tlaku v hlavě a uších, celková únava neodpovídá námaze, časté je také hučení v uších a vzácně se objevují neurčité závratě stavy. Po čase tyto příznaky ustupují a vzniká návyk na hluk.

- Adaptace na prahu sluchu – poslouchá-li člověk delší dobu sotva slyšitelný zvuk, po chvíli jej přestane vnímat. Při silnějším hluku dojde pouze k oslabení, což je projevem adaptace. Trvá-li však intenzivní hlukový podnět déle, dochází k dalšímu snižování hlasitosti a tím ke sluchové únavě, která může trvat od půl minuty po několik hodin.

2.3 Hluk z hlediska letecké dopravy

V velkých městech převažují hluky, jejichž zdroje jsou převážně dopravní prostředky. Zvlášť velké zvýšení hlučnosti vlivem dopravy je možno pozorovat v blízkosti dopravních magistrál, výpadových silnic, velkých křižovatek a regionálních letišť.

Z hlediska letecké dopravy je hluk vnímán lidmi jako velmi ohlušující, nepříjemný a velmi dominantní hluk. Letecká doprava má ovšem oproti ostatní dopravě jako je silniční nebo železniční doprava výhodu, že svým hlukem ovlivňuje jen okolí letiště, kdežto železniční a silniční doprava působí svým hlukem podél celých svých tras.

V letecké dopravě vzniká největší hluková zátěž při vzletu a při přistání letadel, který závisí na počtu odletů letadel, přistání letadel, typu letadel, na výběru příletové a odletové trasy letadel a na flexibilitě řízení letového provozu na daném letišti. Tyto parametry jsou rozdílné během denního a nočního provozu na letišti, protože některá letiště už mají danou dobu provozu, kdy v nočních dobách se na letiště nesmí přistávat nebo letadlo musí splňovat určité hlukové parametry.

V dnešní moderní době se jak dopravci tak výrobci letadel snaží motory letadel vyrábět více účinnější a hlavně tišší. Od roku 1970 klesl hluk v letecké dopravě o 70% a o dalších 50% by měl klesnout do konce roku 2020. Hluk letišť je také negativní faktorem pro rozvoj letiště, který je podněcován lidmi žijícími v okolí daného letiště, díky nimž roste také tlak na zákaz nočních operací na letišti.

Hluk v okolí letiště také závisí na:

- absolutní úrovní hluku letadla pohybujícího se na letišti (hluk z motoru a hluk samotného trupu)
- frekvenci pohybů letadel
- velikosti, váze a rychlosti letadla
- nastavení tahu, klapek
- teplotě, atmosférickém tlaku, vlhkosti a větru

2.4 Hluk na odbavovací ploše letiště

Na odbavovací ploše letiště se dosahuje nejvyšších hladin zvuku. Zde se počítá hluk jak z pozemních prostředků (jako jsou pull draw tractor, pojízdná schodiště pro nástup a výstup cestujících a podobně) a zároveň hluk z motorů letadel. Cestující jsou tomuto hluku vystaveni minimálně, pouze při výstupu a nástupu z letadla nebo při přesunutí do odbavovací haly. Více jsou však vystaveni tomuto hluku pracovníci technického odbavení letadel a správa letiště, kteří jsou tomuto hluku vystaveni v celé pracovní době. Přitom je hladina hluku na odbavovací ploše v době provozu letiště na hladině okolo 75dB. Velký podíl dále představuje vysokofrekvenční hluk generovaný zejména vysokotlakými kompresory proudových leteckých motorů.

Nejvyšší hodnoty nadměrného hluku v areálu letiště, které zatěžuje i okolí letiště je dosahováno při motorových zkouškách letadel, které se provádějí jak za dne tak i v noci.

Snížováním hluku z letecké dopravy budu popisovat v další kapitole.

3 Zákony a normy pro hluk vyvolaný leteckou dopravou

Dnes je hluk vzniklý leteckou dopravou velmi pečlivě monitorován, měřen a vyhodnocován. Existuje řada organizací, které se touto problematikou zabývají (například ICAO, ECAC, CAEP), legislativy Evropské unie a legislativa České republiky.

3.1 ICAO (International Civil Aviation Organization)

Organizace založena v roce 1944 v Chicagu, která má 189 spolupracujících států a jejímž posláním je zajistit bezpečnost a vývoj v civilním letectví.

Její 3 prioritní témata jsou:

- Bezpečnost
- Spolehlivost
- Životní prostředí

Hlavním bodem pro monitorování hluku je Annex 16 (Ochrana životního prostředí) – týká se otázek hluku letadel a emise motorů.

Annex 16 – Ochrana životního prostředí

- Odstavec 1 – hlučnost letadel
- Odstavec 2 – emise leteckých motorů

Sjednocený přehled politiky a postupů ICAO týkající se ochrany životního prostředí

- rezoluce A33-7 (2001)
- rezoluce A33-5 (2001)
- 14. Příloha (A-I)
 - Management hlučnosti letadel (C)
 - Hlučnost, týkající se provozních omezení (E)
 - Plánování používaných území (F)
 - Nadzvuková letadla (G)
 - Vliv na atmosféru (H)
 - Trh – základní opatření (I)

Legislativa ICAO

- ICAO/CAEP – Rozhodnutí shromáždění 33/7 – stanovuje subjekty, které jsou odpovědné za dodržování pravidel plynoucích z rozhodnutí (členské státy) a dále upravuje aktuální otázky (pravidla pro budoucí nadzvukovou dopravu, závěry IPCC),
- CAEP Balanced Approach – stanovuje, že hodnoty hluku mohou být na různých letištích různé a v závislosti na faktech z tohoto plynoucích stanovuje hodnoty pro jednotlivé kategorie letišť, redukci zdrojů hluku,
- CAEP WG 1 Noise – modernizuje schéma hlukové certifikace, zavádí nový technický manuál,
- CAEP WG 2 Noise/Airport and Operations – vztahuje se k dokumentu CAEP Balanced Approach je vlastně formou prováděcího předpisu.

3.2 CAEP (Committee of Aviation Environmental Protection)

Organizace o 21 členech a 12 členech ve funkci pozorovatelů. Daná organizace vykonává příslušné studie k řízení hluku letadel a emisí motorů. Snaží se nalézt rovnováhu mezi budoucí růstem a problémům životního prostředí nárůstem poptávky po letecké dopravě. Organizace je přidružena k ICAO.

Zaměření organizace CAEP v oblasti hlučnosti letadel:

- Technologie a standardy
- Vyvážený přístup a poučení

3.3 ECAC (European Civil Aviation Conference)

Tato organizace zřídila zvláštní výbor - skupinu expertů ANCAT (Abatement of Nuisances Caused by Air Transport) se zabývá snižováním nepříznivých účinků zapříčiněných leteckou dopravou ve vztahu k životnímu prostředí. V roce 1974 a je tvořena experty členských států ECAC, kteří se podílejí na tvorbě politiky životního prostředí v letecké dopravě. V rámci činnosti této skupiny jsou připravovány metodické materiály týkající se provozních postupů na snižování hluku v okolí letišť, snižování emisí letadel, certifikace a recertifikace letadel a navrhování ochranných hlukových pásem letišť.

Legislativa ECAC

Je rozdělen na několik podskupin, které dohromady tvoří jednotlivé soubory pravidel.

- ANCAT Sub-group „PLANO“ – věnuje se stanovování nových postupů pro snížení hluku a emisí v blízkosti letišť,
- ANCAT Sub-group „AIRMOD“ – stanovuje technologické postupy při výrobě letadlové techniky,
- ANCAT Sub-group „EMCAL“ – věnuje se politickým otázkám, formě jednotlivých norem a vztahu k trvale udržitelnému rozvoji,
- ANCAT Sub-group „ERLIG“ – věnuje se problematice růstu objemu letecké dopravy a s tím souvisejícího zvyšování emisí NOx.

3.4 Evropská unie (EU)

Vznikla v roce 1951 se zakládajícími 6 státy. Dnes má 27 členských států (údaj k 11.4.2010). Evropská legislativa se aplikuje na všechny členské státy. Uvedme si v bodech nejdůležitější dohody a strategie Evropské unie pro zlepšování úrovně životního prostředí.

Kroky plánovány od r. 1973, nejdříve okamžité reakce na znečištění, dnes preventivní strategie

Amsterdamská dohoda 1997

- Ochrana a zlepšení životního prostředí se stala specifickým cílem
- Rozšíření pravomoci Parlamentu na mnoho ekologických problémů

Lisabonská strategie 2000 – dlouhodobá strategie ekonomické, sociální a ekologické obnovy

Gotenburská deklarace 2001 – strategie EU pro soustavný vývoj, zaměřený na:

- Zmenšení změn klimatu a prosazení čisté energie
- Zlepšení dopravního systému a využití země
- Šestý ekologický plán přijat v r. 2002
- Zahrnuje vodní a atmosférické znečištění, hluk, chemické produkty, ochranu přírody

Nařízení 1996/62/EC

- Stanovení kvality okolního vzduchu – spojeno s dceřinnými nařízeními

Nařízení 1999/30/EC zavádí limity pro SO₂, NO

Nařízení 2000/69/EC relating to limit values for benzene and carbon monoxide

- Kontrola nejvýznamnějších potencionálních problémů (tzv. nařízení SEVESO II)
- Nedávno vedlo k odložení zprovoznění čtvrté dráhy na frankfurtském letišti, místo 2007 až v r. 2009, z důvodu obnovení posouzení ekologického dopadu na okolí

Nařízení 2002/30/EC

- Společný systém pro provozní omezení jako část vyváženého přiblížení
- Musí být schválený finanční analýzou
- Tvrdší postupy pro městská letiště
- 10 let osvobození od povinnosti pro rozvojové země

Nařízení 2002/49/EC

- Ohodnocení a řízení ekologického hluku
- Může vést k:
 - Speciální omezení nočních letů v EU
 - Tvrdší zvukové rozdíly v Kapitole 3

Nařízení 2003/87/EC

- Ustanoveno EU obchodní schéma (v platnosti od 1. ledna 2005)
- První fáze zahrnuje pevné zdroje
 - Mobilní zdroje mohou následovat později
- Zahajovací diskuse pro integraci letectví v EU okolo 2008
- Komise DG-ENV ve vedení
 - EC poradní studie byla dokončena v červenci 2005
 - EC komunikace se objevila v září 2005

- Letecká pracovní skupina byla vytvořena pro podávání zpráv do dubna 2006
- Možný legislativní proces do konce roku 2006

Nařízení 2003/96/EC

- Zdanění energetických produktů
- Uvalení minimálních daní na všechny energetické produkty
- Uznání osvobození od daní pro letecké palivo
- Dovolit členským státům zavést daně z paliva na vnitrostátní lety

Legislativa Evropské Komise

- Směrnice EK 2002/49 „Letecký Hluk“ – hlavními body jsou opatření pro prevenci, okamžitého potlačování a redukci leteckého hluku,
- Směrnice EK 2002/30 „Omezení postupů“ – předmětem je omezení postupů způsobujících nebezpečný hluk, stanovit pravidla pro přijatelné obchodování s emisemi a hlukem,
- Směrnice EK „Návrhy poplatků za letecký hluk“ – směrnice byla EK vyřazena v roce 2004 a určena k přepracování.

3.5 Česká republika a její předpisy

- zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví, zejména § 31, odst. 1) 2) a 3) →
- nařízení vlády č. 502/2000 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- zákon č. 274/2003 Sb., kterým se mění některé zákony na úseku ochrany veřejného zdraví.

→ Výňatek ze zákona č. 258/2000 SB., § 31:

(Odstavec1) Pokud při používání, popřípadě provozu zdroje hluku nebo vibrací, s výjimkou letiště, nelze z vážných důvodů hygienické limity dodržet, může osoba zdroj hluku nebo vibrací provozovat jen na základě povolení vydaného na návrh této osoby příslušným orgánem ochrany veřejného zdraví. Orgán ochrany veřejného zdraví časově omezené povolení vydá, jestliže osoba prokáže, že hluk nebo vibrace byly omezeny na rozumně dosažitelnou míru a provozem nebo používáním zdroje hluku nebo vibrací nebude ohroženo veřejné zdraví. Rozumně dosažitelnou mírou se rozumí poměr mezi

náklady na protihluková nebo antivibrační opatření a jejich přínosem ke snížení hlukové nebo vibrační zátěže.

(Odstavec2) Při překročení hygienických limitů hluku z provozu na civilních mezinárodních letištích přepravujících ročně více než 100 000 fyzických osob a vojenských letištích je provozovatel letiště povinen navrhnout ochranné hlukové pásmo. Ochranné hlukové pásmo zřídí rozhodnutím správní úřad příslušný podle zvláštního právního předpisu.

(Odstavec3) U staveb určených pro bydlení, rekreaci, u pracovišť a staveb občanského vybavení umístěných v ochranném hlukovém pásmu je provozovatel letiště na základě odborného posudku vypracovaného na jeho náklad povinen postupně provést nebo zajistit provedení protihlukových opatření v takovém rozsahu, aby byly alespoň uvnitř staveb hygienické limity hluku dodrženy. U staveb pro bydlení, zařízení léčebně preventivní péče, zařízení sociální péče, škol, předškolních zařízení a školských zařízení, ve kterých by podle odborného posudku protihluková opatření nezajistila dodržování hygienických limitů, může příslušný správní úřad rozhodnout o vyvlastnění, popřípadě zahájit řízení o změně v užívání stavby nebo o jejím odstranění.

3.6 Předpis Ministerstva dopravy

L16/I – Ochrana životního prostředí; Svazek I – Hluk letadel. Dále jsem použil titulní stranu přímo z předpisů: „Ministerstvo dopravy, jako příslušný správní orgán, uveřejňuje dle ustanovení § 102 zákona č. 49/1997 Sb., o civilním letectví a o změně a doplnění zákona č. 455/1991 Sb., o živnostenském podnikání (živnostenský zákon).

V tomto leteckém předpisu je použito textu jednoho dokumentu, a to:

Annex 16, Volume I.“

3.7 Výpis dalších národních organizací a nevládních organizací

- ACI Noise Rating Index – Airport Council International stanovilo pro členská letiště své organizace index leteckého hluku, který musí být zveřejňován a ukazuje vliv letiště na životní prostředí,
- London Noise Quanta 2 System – soukromý systém pro potlačování emisí a leteckého hluku na letištích London – Gatwick, London – Heathrow, London – City a London – Stansted, tento systém omezuje provoz těchto letišť v noci, nedovoluje

vybraným typům letadel přístup na tato letiště, operativně řeší situace při zahlcení provozu (přesměrování letadel),

- AERONET Local Airport Air Quality – dobrovolný program Evropské Komise pro zajištění udržitelného rozvoje zlepšováním kvality ovzduší na letištích a jejich bezprostředním okolí.

3.8 Norma ČSN ISO 3891

Tato mezinárodní norma poskytuje postup pro popis leteckého hluku vnímaného na zemi. Známá pod označením ČSN ISO 3891. Tato norma byla také použita při měření leteckého hluku na letišti Praha – Ruzyně. Při popisu hluku vnímaného na zemi z jednotlivých leteckých operací je nutno dodržet tyto kroky, které nám popisuje tato norma. Těmito čtyřmi kroky jsou:

- I. Získávání údajů: metoda měření a záznam hluku
- II. Zpracování údajů: metoda, již se ze získaných údajů určují odpovídající hodnoty ve vhodné hlukové stupnici
- III. Normování údajů: metoda pro korekci naměřených údajů pro referenční operační postupy a atmosferické podmínky
- IV. Předkládání údajů: metoda pro předkládání získaných výsledků, včetně jejich statické významnosti

Tyto specifikace dané normy jsou udány pro dvě úrovně požadavků na měření:

- Specifikace, jež požadují spektrální analýzu jako funkci času tak jako při certifikaci letadel, pro niž se požaduje vysoká reprodukovatelnost normovaných výsledků.
- Specifikace, jež požadují jenom frekvenční vážení, u nichž nároky na měření jsou sníženy z důvodu jednoduchosti metody nebo snížení nákladů na měření.

Dále nám norma ČSN ISO 3891 poskytuje metodu pro určování míry expozice hluku při sledu operací v časovém intervalu. Výsledky mohou být použity při vyhodnocování účinků hluku na člověka a to je například ISO/R 1996.

V normě jsou rovněž diskutovány zvláštní účely, pro které mohou být tyto metody použity, včetně certifikace, monitorování hladin hluku a expozice hluku, a také i územního plánování.

3.8.1 Použití normy ČSN ISO 3891

Tato mezinárodní norma je navržena ke zcela obecnému použití pro popis hluku měřeného ze všech druhů leteckých operací.

1) Rozlišují se dva hlavní typy provozních podmínek:

- a) letadlo ve vzduchu
- b) letadlo na zemi

2) Dále se rozlišují dva hlavní způsoby použití měření:

- a) požadavky na charakterizování jednoduchých událostí takových jako měření jednotlivého letadla oproti požadavkům stanovených, nebo oproti požadavkům při monitorování hluku na letišti
- b) požadavky na určení expozice hluku pro sled událostí.

3) A dále se rozeznávají dvě hlavní situace, za nichž je hluk vnímán jako významný:

- a) tehdy, když letecký hluk převládá oproti všem ostatním druhům hluku v takovém rozsahu, že je vnímán bez ohledu na hluk prostředí, který existuje bez výskytu letadla;
- b) tehdy, když letecký hluk je jedním z druhů hluku mezi ostatními druhy hluku působícími na obyvatelstvo, jako například hluk silniční dopravy nebo průmyslový hluk.

U měření musíme dodržovat dané požadavky pro správnost a věrohodnost měření, které nám bylo uděleno. Podmínky jsou výpisem z normy ČSN ISO 3891.

3.8.2 Měření leteckého hluku a jeho požadavky podle normy ČSN ISO 3891

V této kapitole se budu snažit stručně seznámit s měřením hluku vyvolaného letadlem, jaké jsou požadavky pro měření, jaké zařízení je potřeba a jaké jsou potřebné podmínky na prostředí.

Hlavní částí měřicího zařízení je mikrofon, který zaznamenává vlnění zvuku a zapisuje ho. Mikrofon musí být umístěn tak, aby střed jeho membrány byl 1,2 metrů nad průměrnou výškou povrchu země. U mikrofonu musí být použitý kryt proti větru.

Všechna měření musí být provedena tak, aby membrána mikrofonu byla převážně v rovině definované nominální letovou dráhou a měřícím stanovištěm, to znamená aby nastal incidenční efekt – aby nastal jev, kdy se měřené hodnoty od sebe navzájem liší.

Pokud použijeme elektroakustický měřicí řetězec použitý od mikrofonu až k nahrávacímu magnetofonu, musí vyhovovat specifikaci podle IEC Publikace 561.

3.8.3 Zkušební prostředí pro měření podle normy ČSN ISO 3891

Idealizovaným zkušebním prostředím je polokulový prostor bez překážek nad rovným, dokonale odrazivým zemským povrchem bez nadměrného útlumu vlivem anomálních atmosférických podmínek a bez hluku v pozadí. Pro skutečné zkušební podmínky je žádoucí, aby odchylky od idealizovaného prostředí nezpůsobily v konečném výsledku větší rozdíl než 0,5 dB. Místa pro měření hluku letadel za letu musí být v relativně rovném terénu, který nemá žádné nadměrné zvukové absorpční charakteristiky, jaké mohou být způsobeny silnou, hustou nebo vysokou trávou, křovinami nebo jakýmkoliv lesními porosty. V kuželovitém prostoru nad měřícím bodem na zemi nesmí existovat ve vertikálním směru k mikrofonu žádné překážky, které významně ovlivňují zvukové pole šířící se od letadla; kužel je definován jako normála k povrchu země a poloúhlem 80° od této osy. Požadavky na relativně rovný terén lze s určitostí splnit, pokud je mezi měřícím přístrojem a letadlem je alespoň 5 metrů odrazivé plochy, nejlépe beton o rozměrech 6x6 metrů bez nadměrné absorpce zvuku. Překážky mohou vytvářet jak personál na letišti, tak samotní lidé provádějící měření. Nosná tyč mikrofonu by měla co nejméně ovlivnit směrovou charakteristiku mikrofonu, aby nedocházelo k difrakci čili k odrazu či rozložení zvukových vln.

Atmosférické podmínky při měření musí vyhovovat požadavkům:

- nesmí být žádné srážky
- při relativní vlhkosti méně než 20% nesmí být nižší atmosférická teplota než 5°C

- útlum zvuku ve vzduchu nesmí být v 1/3-oktávové pásmo se středem na 8 kHz větší než 10dB na 100metrů
- rychlost větru ve výšce 10 metrů nad povrchem země nesmí být vyšší než 5m/s to je 10 uzlů.

Dále nesmíme zapomínat, že před a po zkoušce musí být zaznamenán hluk v pozadí měření, přičemž musí být analyzován a zaznamenán stejným způsobem a ve stejných vyjádřeních jako letecký hluk. Měření leteckého hluku budou uznány jen tehdy za spolehlivá, když naměřená maximální hladina leteckého hluku přesahuje hladinu hluku v pozadí nejméně o 20dB.

4 Měření hluku letecké dopravy – Analýza letiště

Charakterizovat hluk v posuzovaném území z letecké přepravy přímým měřením je vzhledem na geografickou polohu letišť vůči obytnému území, směr letových drah a intenzitu provozu časově náročné. Už jen prostorové rozložení a počet měřicích budov v území vyžaduje dodržovat při měření aspoň přibližně stejné podmínky.

Z těchto důvodů se doporučuje rozdělit území pomocí rastru na několik částí a měřicí body volit v průsečících. Hustota rastru závisí od prostorových změn hladin akustického tlaku. V případě menších území (obcí), kde prostorové změny jsou zanedbatelné, měřicí bod se vybírá tak, že měření bude reprezentativní pro celé území. Při výběru takového bodu je vhodně vykonat předběžné průzkumné měření.

Vzhledem na specifikaci leteckého hluku je výhodné měřením zjišťovat hladinu zvukové expozice LAE po přeletu letadel. Ekvivalentní hladinu, která vyjadřuje energetický součet jednotlivých hlukových událostí, které se vyskytují ve sledované době T, se vypočítá podle vztahu:

$$L_{Aeq,T} = 10 \cdot \log\left(\frac{t_o}{T} \cdot \sum_{i=1}^A 10^{0,1L_{AE}}\right)$$

kde:

T – doba měření

L_{AE} – hladina zvukové expozice po čase přeletu letadel

Jako příklad výskytu leteckého hluku na letištích si vezměme naše největší regionální letiště Praha – Ruzyně. Zde se snaží Česká správa letišť neustále monitorovat míru hlukové zátěže.

4.1 Analýza stavu hlučnosti na letišti Praha Ruzyně

Měření, které bylo provedeno v roce 2007, zadavatelem byla obec Suchdol, která sousední v blízkosti letiště Ruzyně a je položena v přistávacích a odletových drah letiště. Toto měření se soustřeďuje na měření hluku v okolí letiště a vliv hlučnosti na sousední obce letiště Praha – Ruzyně.

Měření hluku z leteckého provozu na letišti Praha Ruzyně označované taky kódem LKPR (LKPR – označení ICAO), prováděným mobilními měřicími soupravami počátkem roku 2007 v celkem 29 místech v okolí letiště, se nahrazuje dočasný výpadek průběžného monitorování hluku z leteckého provozu. Účelem měření hluku na letišti a v jeho širším okolí bylo:

ověřit stávající hranice platnosti ochranného hlukového pásma letiště Praha - Ruzyně po novele legislativy.

ověřit a případně zpřesnit polohy zvolených míst pro stanice nového systému průběžného monitorování hluku z leteckého provozu letiště Praha - Ruzyně a doložit akustické podmínky.

Měření bylo rozvrženo do tří samostatných etap, plánovaných vždy na období, kdy je jedna ze vzletových a přistávacích drah mimo provoz a veškerý letový provoz je soustředěn na dráhu zbývající.

Etapy se lišily především výběrem míst měření:

- ETAPA I místa ovlivněná provozem z RWY 13/31 (ověření hlukové zátěže uvnitř a vně OHP LKPR)
- ETAPA II místa ovlivněná provozem z RWY 06/24 (ověření vybraných lokalit pro hlukový monitoring a hranice OHP LKPR)

- ETAPA III místa ovlivněná provozem z RWY 06/24 (ověření podmínek uvnitř a vně OHP LKPR).

4.2 Místa měření hluku v okolí letiště

Místa měření byla stanovena tak, aby v nich byla splněna tato kritéria:

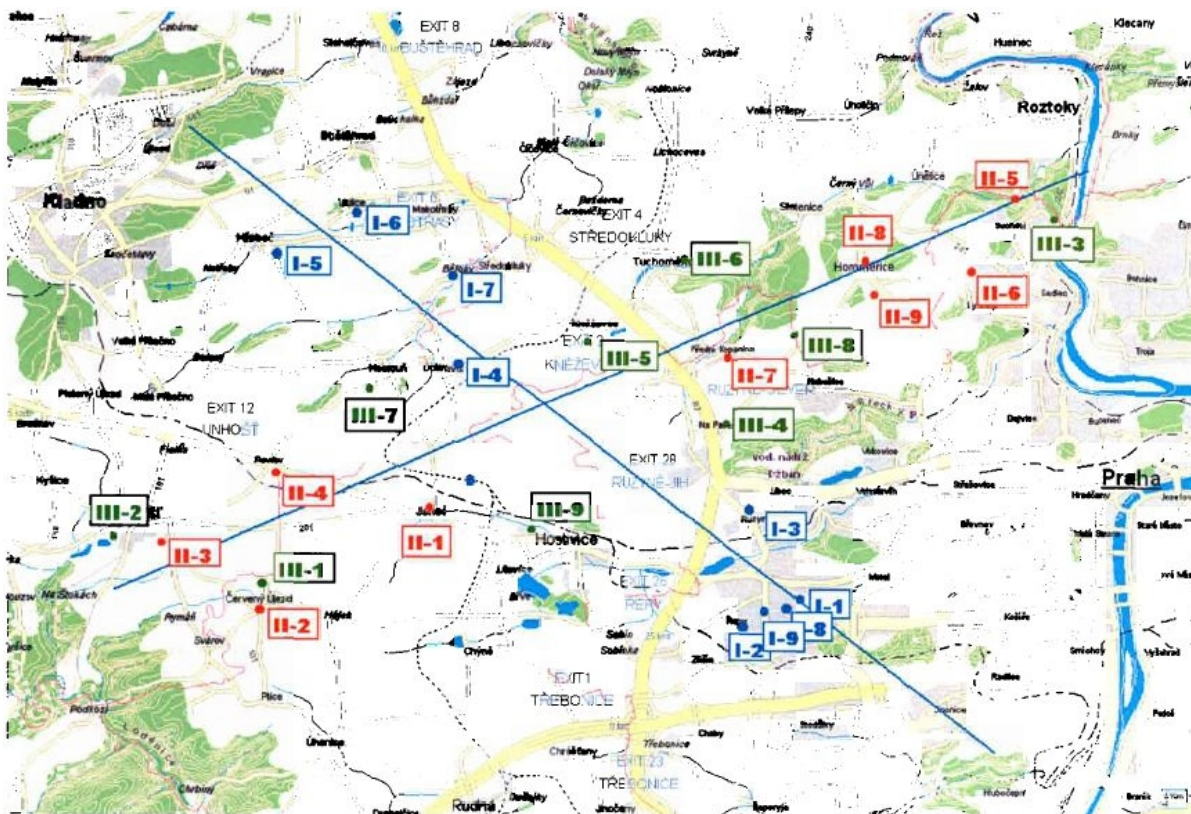
volný rovinný terén s minimálním pokrytím, s přímou viditelností letounů na obvyklé trajektorii letu

větší odrazivé nebo pohltivé plochy (s výjimkou zemského povrchu) nesmí být blíže než 30 m od mikrofону

minimální vliv případných zdrojů rušivého hluku pozadí

dobrá dostupnost místa pro měřící vozidlo.

Situování míst měření v okolí letiště Praha - Ruzyně, vybraných v součinnosti se zadavatelem, je uvedeno v tabulce 1 a znázorněno na obr. 1. V tabulce 1 se uvádí lokalita a charakteristiky pohybů letadel (ARR nebo DEP v obou směrech RWY, označené jako situace A a B) měřených v každém z míst.



Obr. 1 Místa měření hluku v okolí letiště Praha – Ruzyně

ETAPA	MÍSTO Č.	LOKALITA	situace A	situace B
ETAPA I	I - 1	Praha 6 Bílá Hora – ul. U Boroviček	ARR 31	
	I - 2	Praha 6 Řepy II	ARR 31	
	I - 3	Praha 6 Na Dědině	ARR 31	
	I - 4	Dobrovíz	DEP 31	
	I - 5	Hřebeč	DEP 31	
	I - 6	Lidice	DEP 31	
	I - 7	Běloky	DEP 31	
	I - 8	Praha 6 Fialka	ARR 31	
	I - 9	Praha 6 Řepy II - Blatiny	ARR 31	
ETAPA II	II - 1	Jeneč – MŠ	DEP 24	ARR 06
	II - 2	Červený Újezd – hřiště	DEP 24	ARR 06
	II - 3	Unhošť – jih	DEP 24	ARR 06
	II - 4	Pavlov	DEP 24	ARR 06
	II - 5	Starý Suchdol – sv. Václav	ARR 24	DEP 06
	II - 6	Nový Suchdol – Výhledy	ARR 24	DEP 06
	II - 7	Přední Kopanina – hřiště	ARR 24	DEP 06
	II - 8	Horoměřice – Na Chotole	ARR 24	DEP 06
	II - 9	Horoměřice – V Průhoně	ARR 24	DEP 06
ETAPA III	III - 1	Červený Újezd – Na Ohradě	DEP 24	ARR 06
	III - 2	Unhošť – západ	DEP 24	ARR 06
	III - 3	Nový Suchdol – Za Hájem	ARR 24	DEP 06
	III - 4	Na Padesátníku	ARR 24	DEP 06
	III - 5	Kněževes – západ	ARR 24	DEP 06
	III - 6	Tuchoměřice	ARR 24	DEP 06
	III - 7	Hostouň	DEP 24	ARR 06
	III - 8	Přední Kopanina – U Háje	ARR 24	DEP 06
	III - 9	Hostivice – Jeneček	DEP 24	

Tab. 1 Místa měření hluku v okolí letiště Praha – Ruzyně

Místa měření jsou s ohledem na účel měření rozdělena do těchto skupin:

místa ležící uvnitř ochranného hlukového pásma LKPR:

I-4 II-1, II-7 III-5, III-8

místa na hranici OHP nebo v její blízkosti

I-1, I-3, I-8 II-4, II-5, II-9 III-4, III-6, III-7, III-8

místa ležící v území vně OHP LKPR

I-2, I-5, I-6, I-7, I-9 II-2, II-3, II-6 III-1, III-2, III-3, III-9.

4.3 Naměření hodnoty

V tabulce 2 se předkládají jen hodnoty zásadního významu s nejvyšší vypovídající hodnotou pro posouzení hluku v jednotlivých místech měření, a to:

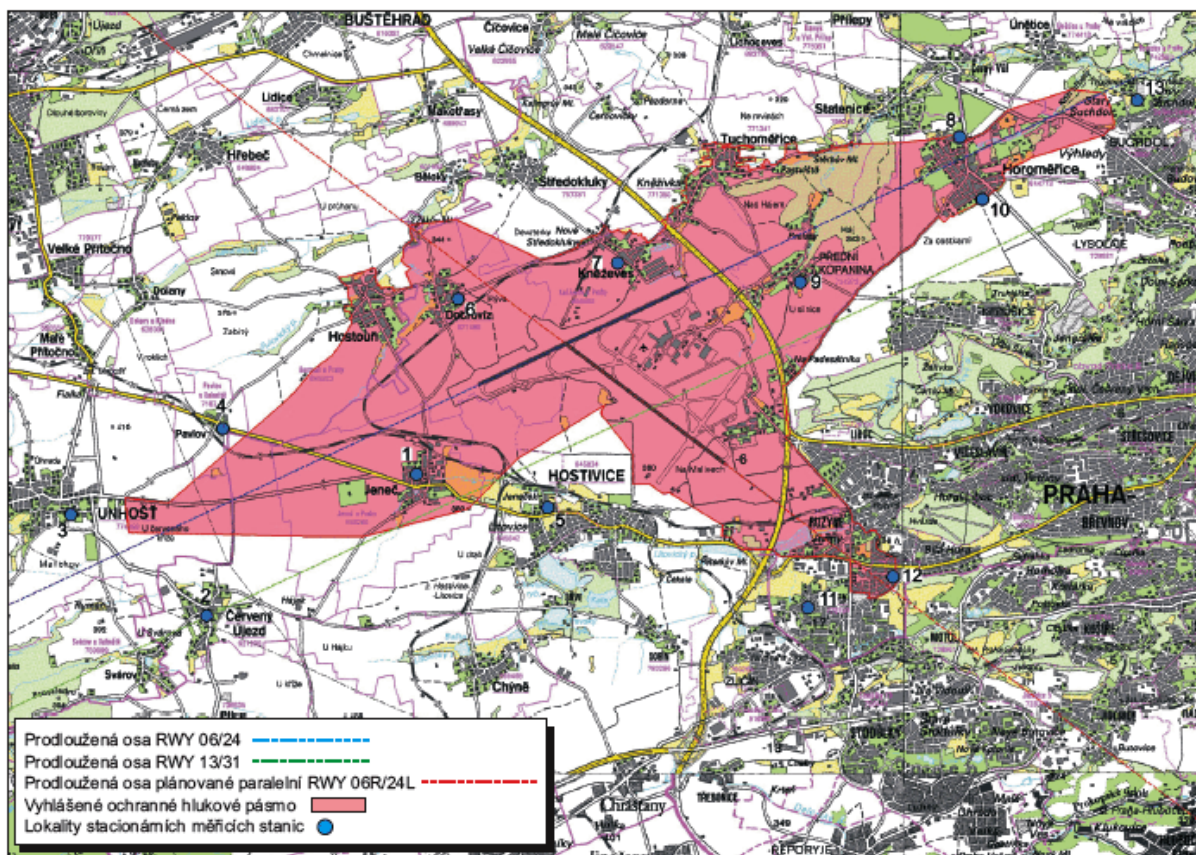
- distribuční procenty hladiny L10 ze souborů maximálních hladin akustického tlaku L_{Amax} (má význam hodnoty, která je překročena u 10% ze všech dat v souboru a reprezentuje tak opakovaně se vyskytující L_{Amax} v místě měření při letovém provozu v daném směru RWY)
- energetické střední hodnoty L_{stř} ze souborů hladin zvukové expozice LAE (slouží k odvození ekvivalentních hladin akustického tlaku L_{Aeq T} v místě měření pro letový provoz v daném směru RWY, odděleně pro denní a noční dobu)
- ekvivalentní hladiny akustického tlaku L_{Aeq D} a L_{Aeq N}, stanovené přepočtem z energetických středních hodnot L_{stř} pro počty ND a NN pohybů v charakteristickém letovém dni v daném roce

MÍSTO Č.	situace A	L ₁₀ (dB)	L _{stř} (dB)	L _{Aeq D} (dB)	L _{Aeq N} (dB)	situace B	L ₁₀ (dB)	L _{stř} (dB)	L _{Aeq D} (dB)	L _{Aeq N} (dB)
I - 1	ARR 31	85,8	87,7	56,5	47,9	MĚŘENÍ HLUKU VE SMĚRU RWY 13 SE Z DŮVODU NEPŘÍZNIVÝCH POVĚTRNOSTNÍCH PODMÍNEK NEREALIZOVALO				
I - 2	ARR 31	70,3	73,4	42,2	33,6					
I - 3	ARR 31	70,5	74,8	43,7	35,0					
I - 4	DEP 31	82,9	86,2	53,7	44,6					
I - 5	DEP 31	78,0	81,4	48,9	39,9					
I - 6	DEP 31	78,3	81,9	49,3	40,3					
I - 7	DEP 31	78,2	82,4	49,8	40,8					
I - 8	ARR 31	81,8	84,5	53,4	44,7					
I - 9	ARR 31	75,3	80,4	49,2	40,5					
II - 1	DEP 24	78,6	83,0	56,9	50,7	ARR 06	69,0	73,4	41,7	33,6
II - 2	DEP 24	73,5	77,2	51,1	44,9	ARR 06	63,6	70,3	38,6	30,4
II - 3	DEP 24	76,0	79,9	53,8	47,6	ARR 06	71,6	77,0	45,3	37,2
II - 4	DEP 24	76,4	80,9	54,8	48,6	ARR 06	68,7	73,6	41,9	33,8
II - 5	ARR 24	76,0	80,8	55,0	48,5	DEP 06	75,0	80,8	48,7	41,0
II - 6	ARR 24	72,7	76,9	51,0	44,6	DEP 06	74,8	78,2	46,5	38,7
II - 7	ARR 24	73,0	76,9	51,0	44,6	DEP 06	81,1	85,4	53,3	45,5
II - 8	ARR 24	78,5	82,9	57,1	50,7	DEP 06	78,1	82,9	50,9	43,1
II - 9	ARR 24	71,6	75,9	50,0	43,6	DEP 06	77,4	81,0	49,0	41,2
III - 1	DEP 24	76,1	80,2	54,1	47,9	ARR 06	68,2	73,2	41,5	33,4
III - 2	DEP 24	75,2	78,9	52,8	46,6	ARR 06	69,5	71,3	39,6	31,5
III - 3	ARR 24	70,4	74,4	48,5	42,1	DEP 06	72,4	74,4	43,6	35,8
III - 4	ARR 24	65,4	69,8	43,9	37,5	DEP 06	70,6	74,7	42,7	34,9
III - 5	ARR 24	65,2	69,9	44,1	37,6	DEP 06	79,7	81,6	49,6	41,8
III - 6	ARR 24	63,2	68,2	42,4	36,0	DEP 06	73,3	78,0	46,0	38,2
III - 7	DEP 24	71,9	75,6	49,5	43,3	ARR 06	66,5	66,6	34,9	26,7
III - 8	ARR 24	71,3	74,1	48,3	41,8	DEP 06	78,5	82,1	50,0	42,3
III - 9	DEP 24	69,7	72,4	46,3	40,1					

Tab. 2 Charakteristické hodnoty souborů dat, získaných při měření hluku v okolí letiště Praha – Ruzyně

4.4 Vyhodnocení výsledků měření

Vyhodnocení hluchnosti na okolí letiště je zřejmé z tabulky naměřených hodnot. Hluk letiště byl v některých místech převyšěn a proto bylo stanoveno zvětšit ochranné pásmo letiště Praha - Ruzyně. Ochranné hlukové pásmo, můžeme vidět na mapce níže. Podrobněji o ochranném hlukovém pásmu letiště se budu zmiňovat v kapitole pro snížení hluchnosti letišť.



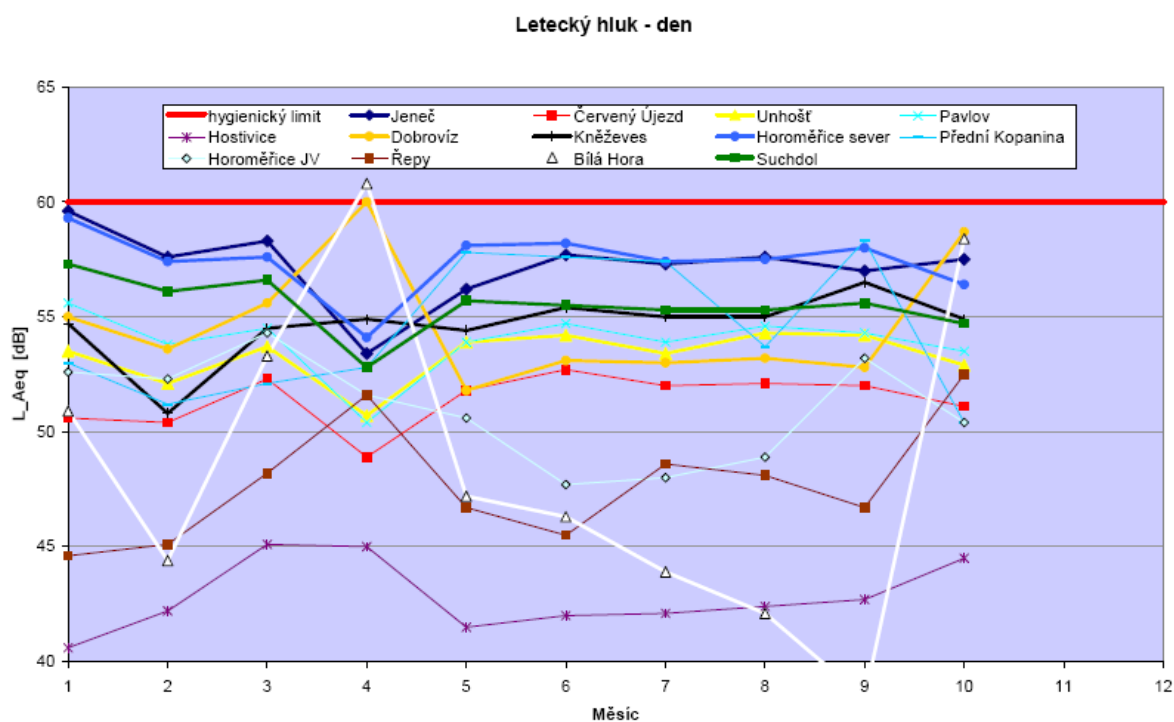
Obr.1. Ochranné hlukové pásmo letiště Praha – Ruzyně

Z obrázku ochranného hlukového pásma letiště Praha – Ruzyně je zřejmé, že je ochranné pásmo muselo zvětšit na další okolní obce, které až tak moc nejsou v sousedství s letištěm, ale leží na odletových a přiletových trasách letiště Praha – Ruzyně.

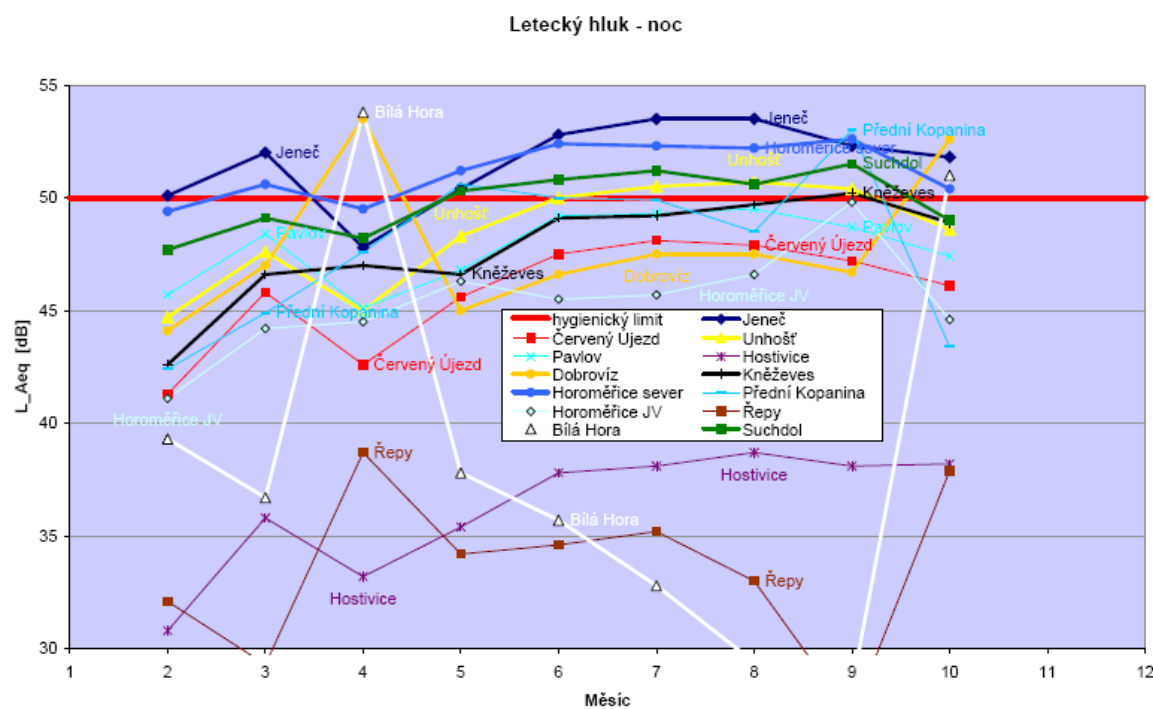
4.5 Grafy překročení hluchnosti v okolí letišť

Hodnoty v grafech jsou uvedeny v „decibelech“ dB, kdy pro denní limit je stanoveno 60dB a pro noční limit je stanoveno 50dB. Hodnoty jsou uvedeny průměrové za

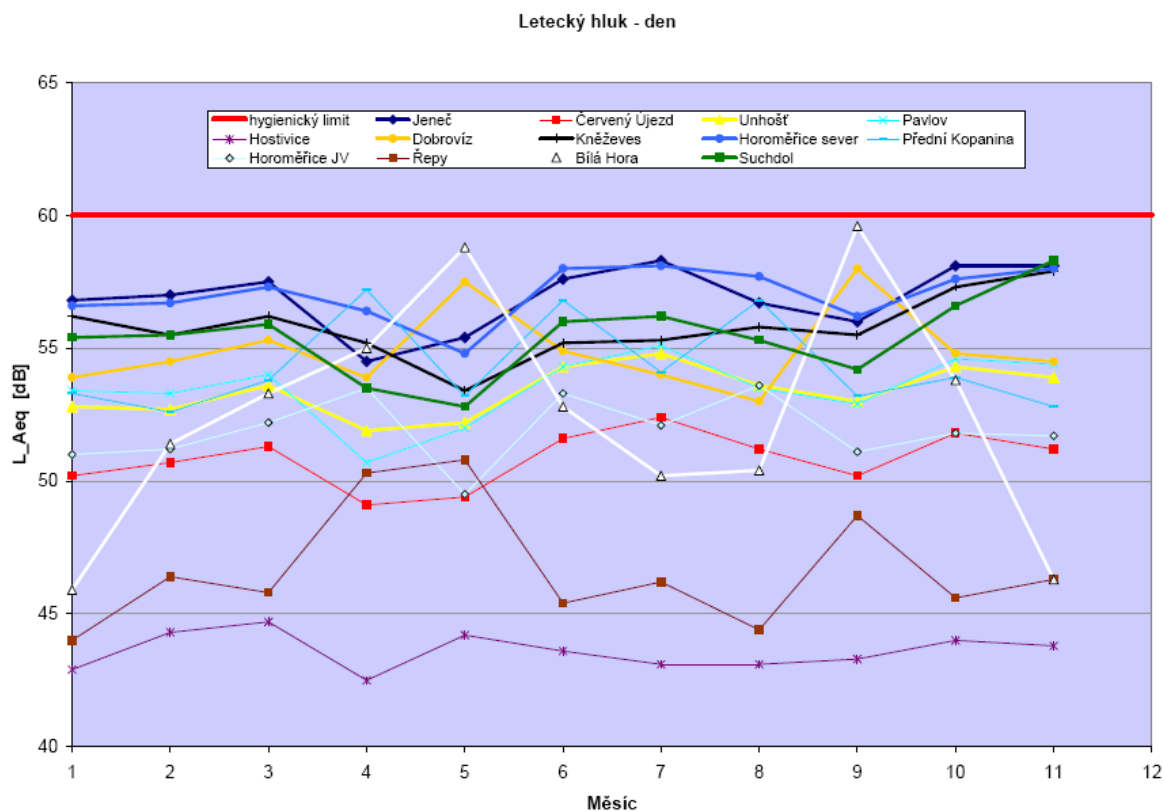
každý měsíc daného roku, hodnoty jsou z rozmezí roku 2008 a 2009, kdy měření hluku z letecké dopravy na letišti Praha – Ruzyně jsou už stále monitorovány a zapisovány.



Obr. 2 Denní hodnoty hluku za rok 2008

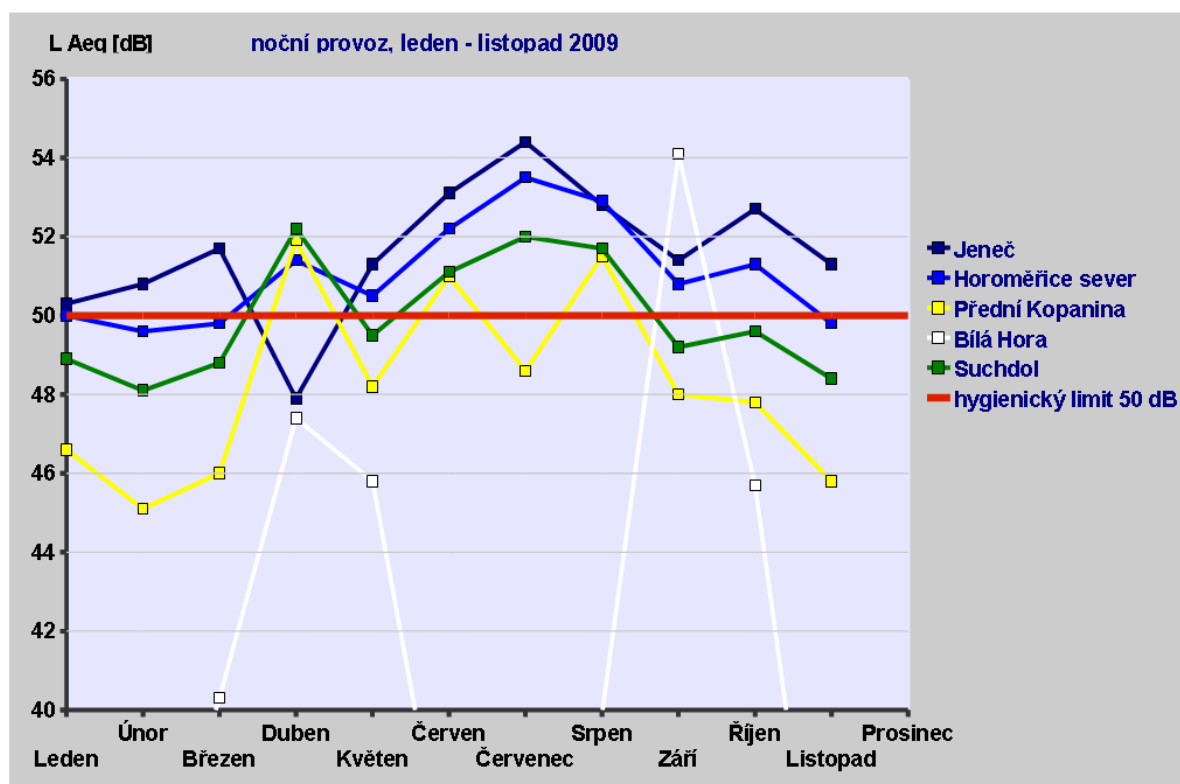


Obr. 3 Noční hodnoty hluku za rok 2008



Obr. 4 Denní hodnoty hluku za rok 2009

Monitoring leteckého hluku na vybraných stanicích v okolí letiště v Praze Ruzyni



Obr. 5 Noční hodnoty hluku za rok 2009

Z grafů je zřejmé, že oproti roku 2008, kdy byla hlučnost pro denní provoz na hranici 60dB překročena na měřicí stanici Bílá Hora. Noční provoz při maximálním limitu hlučnosti 50dB nebyl limit překročen, naopak v roce 2009 nebyl denní limit pro hlučnost překročen, oproti tomu noční provoz byl překročen vícekrát. Proto musely být stanoveny podmínky, kdy se na letiště Praha – Ruzyně nesmí přistávat po 10-té hodině večerní s danými parametry hlučnosti letadel.

Hodnoty hlučnosti letiště Praha-Ruzyně jsou nadále monitorovány a zpracovány ve zprávách, které jsou dostupné i široké veřejnosti na stránkách letiště Praha – Ruzyně a provozovatel letiště, což je na tomto letišti Česká správa letišť, musí akceptovat.

4.6 Přístroje pro měření hlučnosti

Pro měření hluku obecně se dá použít v dnešní době celá škála měřících přístrojů, jak analogových tak moderních - digitálních hlukoměru. V dnešní době máme měřící přístroje jak ruční – praktické držení v ruce, nebo umístěné na stativu, či statické pro průběžné měření hlučnosti.

Zvukoměr – Hlukoměr slouží pro měření zvuku, hluku, infrazvuku a ultrazvuku. Využívá se principu měření akustického tlaku. Dnes je schválena celá řada měřících přístrojů pro hluk.. Pro příklad uvedme přesný zvukoměr značky:

QUEST model 1800 pod značkou schválení TCM 181 /94-1854.

Dále zvukoměry 1. třídy

SoundPro SE - zvukoměr, třída 1 (přístroj, předzesilovač, mikrofon, kryt proti větru, SD-karta, USB-kabel, kufr),

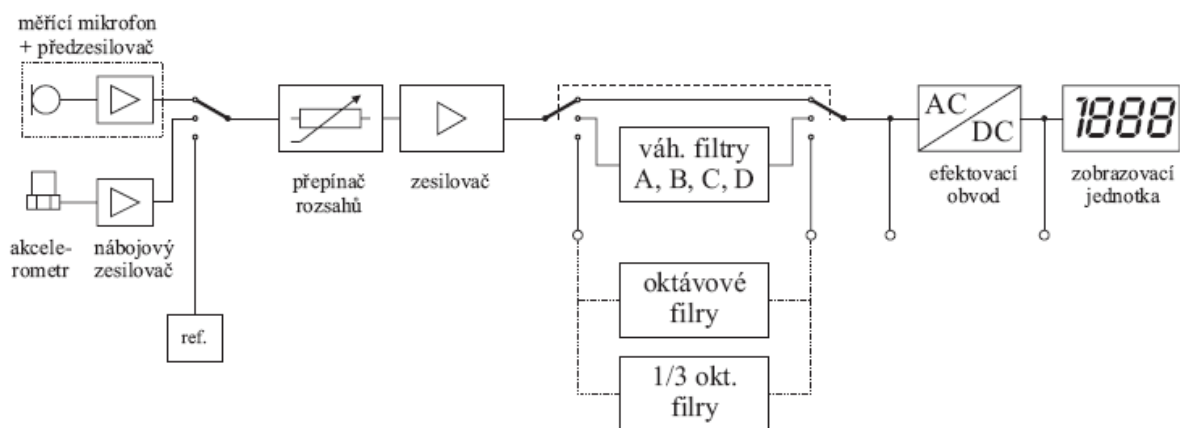
SoundPro DL - zvukoměr, třída 1(přístroj, předzesilovač, mikrofon, kryt proti větru, SD-karta, USB-kabel, kufr).

Základní rozdělení Zvukoměru – Hlukoměru:

- snímač měřící veličiny
- předzesilovač

- zesilovač
- filtry
- výstupní zesilovač

- měřící usměrňovač
- zobrazovací jednotka



Obr. Blokové schéma hlukoměru

5 Prostředky pro snižování hluku na letišti

5.1 Ochranné hlukové pásmo

Je to území v okolí letiště, které nám vymezuje území, které může být zasaženo nadlimitním hlukem z letecké dopravy. Hygienické limity však ale musí být i nadále dodržovány uvnitř budov, které se v daném pásmu nacházejí. Hluk je jak vně hlukového pásma tak uvnitř hlukového pásma nadále monitorován. Jak jsem již uvedl a ukázal ochranné hlukové pásmo letiště Praha – Ruzyně, letiště Praha . Ruzyně využívá stejný moderní monitorovací systém jako například vzdušný přístav Heathrow v Londýně. Pracovníci letiště mohou pomocí moderní technologie velmi přesně sledovat a kontrolovat letecký provoz, dodržování hygienických limitů pro letecký hluk i dodržování všech dalších provozních opatření ke snížení hluku letadel. Výsledky měření jsou dostupné i široké veřejnosti na stránkách pražského letiště Praha – Ruzyně – www.prg.aero. Hranice ochranného hlukového pásma jsou stanoveny na základě měření a dohodou mezi letištěm a dotčenými obcemi nebo městskými částmi. Proto jsou v tomto prostoru i zahrnuty území, ve kterých k překročení nadlimitního hluku nebude docházet, pro příklad lze uvést městskou část Praha 17.

Nesmíme zapomínat při snižování hluku na letišti bránit veliteli letadla v uplatnění pravomocí zajistit bezpečný provoz letadla. Velitel letadla má zodpovědnost za správné a bezchybné přistání s letadlem na letišti.

Provozovatel letiště nese odpovědnost za oblasti v blízkosti letiště, zvláště jestliže se ve směrech odletových a příletových tratí nacházejí obytné zóny. Při aplikaci primárního nebo sekundárního snižování hluku a vibrací na letišti používáme dva principy:

- Akustickou absorpci hluku
- Vzduchová neprůzvučnost

Při konkrétních případech se pak snažíme dané možnosti kombinovat.

Nejběžnější způsob je použití protihlukových stěn. Část zvukové vln se odrazí zpět, část se absorbuje neboli pohltí ve stěně a část vlny přejde do prostoru za stěnou. Pohltivé vlastnosti materiálu nebo celé konstrukce protihlukové stěny vyjadřujeme činitelem pohltivosti α , který je definován poměrem pohltivé akustické energie a celkové dopadající energie na stěnu.

$$\alpha = \frac{W_{\text{pohltená}}}{W_{\text{dopadající}}}$$

Podobně jako činitel pohltivosti vyjadřujeme činitele zvukové odrazivosti β , je to poměr odražené akustické energie k celkové dopadající energii.

$$\beta = \frac{W_{\text{odražená}}}{W_{\text{dopadající}}}$$

Dále definujeme ještě průzvučnost τ , což je poměr akustické energie, která prošla konstrukcí k celkové dopadající energii.

$$\tau = \frac{W_{\text{přejdená}}}{W_{\text{dopadající}}}$$

A nakonec nám musí platit zákon zachování energie:

$$\alpha + \beta + \tau = 1$$

Stejně jako činitel zvukové pohltivosti nabývá hodnot v rozsahu 0 až 1. Pro praktické výpočty používáme desetinásobek jeho převrácené hodnoty v logaritmickém poměru podle vztahu

$$R = 10 \cdot \log \frac{W_{\text{dopadající}}}{W_{\text{přejdená}}} = 10 \cdot \log \frac{1}{\tau} [dB]$$

Častěji se však používá empirický vztah

$$R = 18 \cdot \log \sigma + 12 \cdot \log f - 25 [dB]$$

Tento vztah vyjadřuje vzduchovou neprůzvučnost R dělicí konstrukce.

Jelikož jsou protihlukové stěny nejčastěji používané, uvedme si základní typy pohltivých materiálu:

- Porézní materiály – významným znakem materiálu je velká pórovitost a vláknitá nebo houbovitá struktura.
- Překrývané materiály – materiály které pohlcují zvuk, jsou poměrně nevzhledné, mohou postupně odpadávat nebo se vlivem prouděné zvuku či vibrací rozruší, proto se jako povrch používá tkanina, která nemá nepříznivý vliv na ovlivnění pohltivosti materiálu
- Konstrukce se vzduchovou komorou
- Kmitavé membrány a desky – deska nebo membrána se umísťuje v určité vzdálenosti od stěny, tato soustava je vlivem dopadající zvukové vlny přinucena kmitat vynucenými ohybovými kmity, aby se díl zvukového výkonu přeměnil na teplo
- Vícenásobné rezonanční soustavy – dvě až tři rezonanční soustavy položené na sebe

5.2 Možnosti potlačení šíření pozemního hluku v bodech:

5.2.1 Technické prostředky

- a) Porosty – dřevité pásy vysazované v blízkosti letišť
- b) Terénní překážky – mohou být:
 - i) betonové
 - ii) zemní valy
- c) Tlumení motorových zkoušek lze dosáhnout pomocí
 - i) valů, protihlukových stěn (zmíněny v předešlém textu)
 - ii) mobilních tlumičů
 - iii) tlumičů ve tvaru přístřešků

5.2.2 Provozní omezení

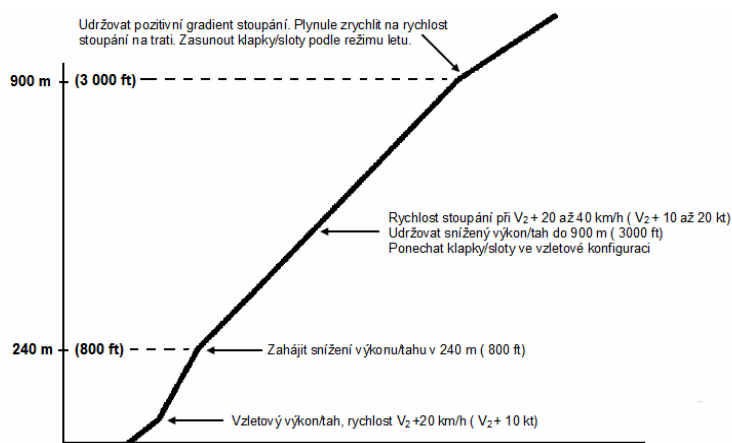
Další možnosti snížení hlukové zátěže je provozní omezení letounů nesplňujících předepsané hlukové limity. Zákaz nočních přistání, či nízkých přeletů nad oblastí. Mohli bychom zde taky zařadit různé organizace, zabývající se hlukovou problematikou. Tyto normy vyplývající z vybrané organizace záleží na výběru daného státu, letiště, leteckých společností, které normy budou splňovat.

Dále pak plánování STAR a SID tratí. Provádění různých přibližovacích manévrů jako například definování zatáček v nadmořské výšce namísto zatáček v bodě točení. Co nejpřesněji prolétávání tras, proto je výhodné využít letadel vybavených prostorovou navigací RNAV (Area navigation).

V neposlední řadě pak používání drah:

- použití drah, kterým se dává přednost z hlučného hlediska
- použití tratí výhodných z hlučného hlediska, protože pomáhají letadlům vyhnout se při odletu a přiletu hlučným citlivým prostorům
- použití postupů pro omezení hluku při vzletu a přiblížení navržených tak, aby celkové působení hluku na zemi bylo minimální a současně byly zachovány požadované úrovně bezpečnosti letu

Nakonec se snažit chránit sluch personálu letiště pomocí chráničů na uši.



Obr. Stoupání s omezením hluku při odletu – Příklad postupu snížení hluku v blízkosti letiště

6 Závěr

Ve srovnání s jinými druhy škodlivin na životní prostředí, ovlivňuje hluk negativně velmi silně své okolí. V minulosti nám nedostatečné znalosti hluku na prostředí, vliv na zdraví a vztahu dávky škodlivin moc nezajímaly. V dnešní době se na vliv hluku na prostředí a člověka více zaměřuje, což má za následek monitorování hluku v celé dopravě. Doufám, že v budoucnosti se budou lidé více zabírat řešením otázky hlučnosti, protože trend lidí využívající leteckou dopravu bude přibývat a zajistit leteckou dopravu s minimálním hlukem by se v oblíbenosti dopravy u lidí mnohem znásobila.

Ve srovnání s jinými druhy dopravy jako je silniční či železniční doprava je letecká doprava, jak jsem už zmínil, je dopravou ovlivňující svým hlukem a vibracemi jen okolí letišť a letiště samotné. To je určité plus, ale velmi malé, protože hluku na letišti a jeho příletových a odletových tratích se jen tak nezbavíme.

Člověk se o to usilovně snaží, ale cesta pro „absolutní“ vymazání hluku v jakékoliv dopravě je cesta trnitá a dlouhá.

7 Použitá literatura:

- 1) DUDÁČEK, L. : Dopravní letiště Prahy, Miroslav Bílý MBI, Praha, 2005, ISBN 80.86524-09-4
- 2) VOLNER, R a kolektiv.: Flight planning management, Akademické nakladatelství CERM, Brno, 2007, ISBN 978-80-7204-496-2
- 3) KERNER, L; KULČÁK, L; SÝKORA, V.: Provozní aspekty letišť, České vysoké učení technické v Praze, Praha, 2003, ISBN 80-01-02841-0
- 4) LIBERKO, M.: Hluk v prostředí, problematika a řešení, Ministerstvo životního prostředí, Praha, 2004, ISBN 80-7212-271-1
- 5) NEUBERGOVÁ, K.: Ekologické aspekty dopravy, ČVUT, Praha, 2005, ISBN 80-01-03131-4
- 6) Letecká informační příručka AIP ČR
- 7) Letecký předpis L16 Svazek I – Hluk letadel
- 8) Linková, K.: Konstrukce SID a STAR a hlukový dopad na letiště Praha – Ruzyně, Diplomová práce, ČVUT Praha, Praha, 2007
- 9) Zpráva o životním prostředí – Česká správa letišť, Praha, 2003
- 10) Zpráva o životním prostředí – Česká správa letišť, Praha, 2007
- 11) Česká norma ČSN ISO 3891 Postup pro popis leteckého hluku vnímaného na zemi
- 12) Vyhláška č. 523/2006 Sb., o hlukovém mapování
- 13) Nařízení vlády č. 148/2006 Sb., o ochraně před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- 14) Zákon č. 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů
- 15) http://envis.praha-mesto.cz/rocenky/Pr03_html/b5_03.htm (25.4.2010)
- 16) <http://www.szu.cz/tema/zivotni-prostredi/zakladni-informace-o-monitorovani-hluku> (25.4.2010)
- 17) <http://hluk.eps.cz/index.php?section=hluk> (25.4.2010)
- 18) <http://www.sospraha.cz/dalsi/clanky/hluk.htm> (25.4.2010)
- 19) <http://www.sagit.cz/pages/sbirkatxt.asp?zdroj=sb00502&cd=76&typ=r> (25.4.2010)
- 20) http://www.bozpinfo.cz/legislativa/pravo-eu/smernice_eu/hluk0060301.html (25.4.2010)

- 21) http://www.praha-suchdol.cz/files/jds2eia_rwy_06r_24l.pdf (25.4.2010)
- 22) <http://envi.upce.cz/pisprace/starsi/krato/hluk.htm> (25.4.2010)
- 23) <http://www.klubpraha7.cz/page97/page97.htm> (25.4.2010)
- 24) <http://www.dnoviny.cz/letecka-doprava/system-anoms-8-meri-hladinu-hluku-kolem-letiste-3526> (25.4.2010)
- 25) http://www.praha-suchdol.cz/files/lkpr_hluk_zpr_0707.pdf (25.4.2010)
- 26) <http://www.casopisstavebnictvi.cz/clanek.php?detail=1320> (25.4.2010)
- 27) http://szp.cdv.cz/download/studie_2006.pdf (25.4.2010)
- 28) http://www.easa.eu.int/ws_prod/r/doc/opinions/Translations/05_2007/EASA-2007-0018-00-00-ENCS.pdf (25.4.2010)